

УДК 33.003.13+62-233.2

Быткин С.В., к.т.н., заместитель директора по маркетингу и ВЭД - начальник отдела маркетинга ОАО «Запорожсталь»

Бобраков А.В., ведущий специалист-аналитик отдела маркетинга ОАО «Запорожсталь»

ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ СТОЙКОСТЬ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ВАЛКОВЫХ ПОДШИПНИКОВ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ В РАЗЛИЧНЫХ СТРАНАХ МИРА

Быткин С.В. Бобраков А.В. Эксплуатационная стойкость и экономическая эффективность применения крупногабаритных валковых подшипников, изготовленных в различных странах мира. С целью определения оптимального поставщика и технологии изготовления, разработана практическая методика расчета сравнительной эффективности применения крупногабаритных валковых подшипников, произведенных в различных странах мира.

Биткін С.В. Бобраков О.В. Експлуатаційна стійкість і економічна ефективність застосування великогабаритних валкових підшипників, виготовлених в різних країнах світу. З метою визначення оптимального постачальника і технології виготовлення, запропонована практична методика розрахунку порівняльної ефективності використання, великогабаритних валкових підшипників, виготовлених у різних країнах світу.

Bytkin S., Bobrakov A. The Operational Stability and Economic Efficiency of Large Roller Bearings Manufactured in Various Countries around the World. In order to determine the optimal supplier and manufacturing technology we developed a practical method for calculating the relative efficiency of large roller bearings manufactured in various countries around the world.

Постановка проблемы. Применение крупногабаритных подшипников в качестве опор валков рабочих клетей прокатных станов предъявляет особые требования к их надёжности [1], т.е. к безотказному функционированию при высоких скоростях прокатки в условиях действия тяжёлых ударных, радиальных и осевых нагрузок, неблагоприятных температурных воздействий, попадания влаги и абразивных частиц на поверхности и тела качения [2, 3, 4].

Анализ последних исследований и публикаций. Мировой рынок производства подшипников принадлежит устоявшимся брендам с хорошей репутацией и многолетней историей: «SKF» — 22% (Швеция), «INA-FAG» — 17% (Германия), «Timken» — 16% (США), «NSK» — 13% (Япония), «NTN» — 12% (Япония) [5].

Инвестировать средства в развитие для повышения своей конкурентоспособности имеют возможность лишь крупные рыночные игроки. Поэтому данные компании обслуживают потребителей мало чувствительных к ценовому фактору, требующих не только высокое качество продукта и надёжность поставки, но и дополнительный набор услуг, предоставляемый компаниями, в том числе и имидж торговой марки.

При этом инвестиции пяти лидирующих производителей подшипниковой продукции в развитие производства и на научно-исследовательскую и опытно-конструкторскую работу (НИОКР) несопоставимо выше, чем у всех российских заводов вместе взятых.

Практически весь рынок российских подшипников делят между собой семь предприятий, в том числе «Самарский подшипниковый завод» — один из крупнейших производителей конических, цилиндрических и сферических роликовых подшипников диаметром до 4500 мм для тяжёлой промышленности. Приоритетным направлением деятельности компании является производство крупногабаритных роликовых и шариковых подшипников. «СПЗ» научился успешно копировать аналоги подшипников зарубежных производителей и крупногабаритные, нестандартные подшипники. Это выгодно как покупателю, так и производителю: первый получает аналог импортной продукции за меньшие деньги, а второй находит дополнительные рынки сбыта, не затрачивая ресурсов на создание и поддержание большой научно-технической базы.

Китайская продукция дешевле российской в среднем на 56%, но китайские подшипники ввозятся с поддельными клеймами российских заводов и ведущих иностранных производителей.

Прогнозирование эксплуатационной стойкости подшипников для прокатных станов, изготовленных предприятиями различных стран мира, является сложной задачей [6, 7]. В расчётах используется теоретически достижимый ресурс подшипников, выраженный в млн. оборотов, учитывающий уровень требуемой надёжности, специальные свойства материала подшипников и конкретные условия эксплуатации, например, наличие воды и абразивных частиц в смазке.

Правильно подобранные и качественные подшипники при соблюдении условий применения и хранения, в основном, отрабатывают расчетный срок работы и даже превышают его. При продолжении эксплуатации таких подшипников за счет остаточного ресурса они выходят из строя лишь по причине усталостного разрушения поверхностей или тел качения. Особого внимания требуют преждевременные отказы подшипников, т.е. отказы появляющиеся раньше истечения расчетного безотказного периода работы. Неожиданный отказ подшипника опасен и может быть причиной серьезных аварий с тяжелыми последствиями. Аварийный выход из строя изделия из-за отказа подшипника в период его работы можно предотвратить путем замены его на новый, по истечении расчётного периода [8].

Виды преждевременных отказов, а также вызывающие их причины и факторы весьма многочисленны и разнообразны. Опыт применения подшипников показывает, что большинство причин отказов можно по признакам классификации свести к четырем группам: причины конструкторского характера, причины металлургического характера, причины технологического характера и причины связанные с монтажом и эксплуатацией подшипников. Самая многочисленная группа причин - это причины, связанные с монтажом и эксплуатацией подшипников.

Широкий спектр причин преждевременных отказов подшипников обуславливает достаточно широкий спектр видов отказов. При этом, как правило, нет однозначного соответствия причины и внешнего проявления отказа. Для определения истинных причин преждевременного отказа приходится прибегать к проведению всесторонних исследований вышедших из строя подшипников и узлов, в которых они были установлены [9, 10]. Определяющим фактором является качество материала подшипника [11]. При оценке надёжности используются коэффициенты, приближённо описывающие составляющие компоненты эксплуатационной стойкости, а именно: a_1 - коэффициент надёжности, a_2 - коэффициент, корректирующий ресурс в зависимости от особых свойств материала и/или конструкции подшипника; a_3 - коэффициент смазки, корректирующий ресурс в зависимости от условий работы подшипника. Для обычных условий принята 90%-ная вероятность безотказной работы и $a_1 = 1$. Ввиду того, что коэффициент a_2 влияет на a_3 , в настоящее время в расчетах принято использовать их произведение a_{23} .

Химический состав и термическая обработка подшипниковых сталей в разных странах имеют отличия, отличаются и смазочные материалы. Поэтому при определении коэффициента a_{23} используются данные различных стран.

Например, фирма SKF (Швеция) рекомендует принимать $a_{23} = 0,07...2,5$, у фирмы FAG (Германия) $a_{23} = 0,1...2,5$, фирма NSK (Япония) предлагает $a_{23} = 0,2...1$. Следовательно, диапазон расчётных значений также может варьировать в диапазоне 1-2 порядков. Кроме того, с практической точки зрения интересует гарантируемое количество прокатанного металла, а не число оборотов подшипника. Оценить реальный производственный ресурс подшипника возможно только с применением статистических методов [12].

Принципиально важным, с точки зрения обеспечения экономической безопасности ВЭД, является выбор поставщика крупногабаритных подшипников для прокатного стана. Украинское металлургическое предприятие может закупить по импорту подшипники российского производства, европейского завода [13] или предприятия фирмы США, расположенного в Восточной Европе [14].

Подшипниковая индустрия Российской Федерации является поставщиком продукции основным промышленным группам этой страны. На результаты деятельности подшипниковых предприятий отрицательное влияние оказывают неравномерность распределения заказов, недостаток оборотных средств, нестабильность платежеспособного спроса потребителей [15].

Основной причиной негативных явлений считается успешная конкуренция со стороны крупнейших мировых подшипниковых компаний за счет более высокого качества выпускаемой продукции благодаря технологическому лидерству, что приводит к снижению выручки российских предприятий, осуществляющих выпуск подшипниковой продукции и существенному снижению производства подшипников в натуральном выражении. Вместе с тем, российские подшипниковые предприятия недооценивать нельзя [16], т.к. по мнению автора этой публикации, у их продукции оптимальное соотношение цены и качества. Оценивать продукт с точки зрения «цена/качество» должен исключительно потребитель, а не производитель, так как этот параметр зависит от многих условий, в том числе и индивидуальных для каждого клиента. Кроме того, у каждого потребителя есть свои подходы к выбору продукции, сводящиеся к двум тенденциям. Первая тенденция предполагает закупку большого количества относительно дешёвых подшипников, российских или других производителей, вместо качественной дорогостоящей продукции с последующей их заменой по мере выхода из строя. Это недальновидная «экономия». Вторая тенденция требует от эксплуатационного и коммерческого персонала предприятий изучения всех деталей как технического, так и экономического характера. Этот вариант предполагает точный учёт, как издержек на закупку комплектующих, так и их эксплуатационную стойкость (наработку).

Таким образом, вопрос выбора поставщика и технологии изготовления крупногабаритных валковых подшипников, может быть решен путем обработки данных, полученных в результате промышленного эксперимента [17, 18], а именно эксплуатационной стойкости (наработки) крупногабаритных валковых подшипников произведенных в различных странах мира.

Цель статьи. Разработка методики определения сравнительной эффективности применения валковых подшипников, произведенных в различных странах мира.

Изложение основного материала. Определим сравнительную эффективность применения валковых подшипников произведенных в Германии, Румынии и России, на примере роликовых радиально-конических подшипников 77779, с ориентировочной массой 200 кг.

Статистические данные о количестве металла, прокатанного с применением валковых подшипников 77779 для каждого из поставщиков, используются для построения гистограммы с помощью программы STATISTICA 6.0, расчета средневзвешенной наработки с помощью программы MathCAD Professional и расчета экономической эффективности применения подшипников по странам производства.

Распределение наработки валковых подшипников 77779 производства Германии, Румынии и России, выведенных из эксплуатации в 2010 г. представлено на рис. 1.

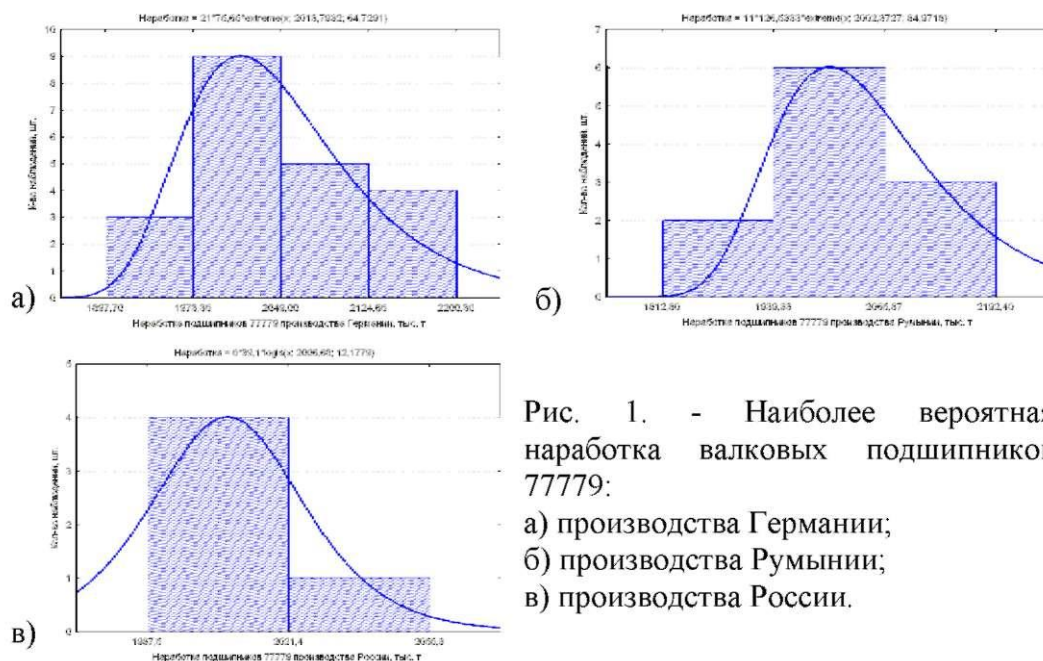


Рис. 1. - Наиболее вероятная наработка валковых подшипников 77779:

- а) производства Германии;
б) производства Румынии;
в) производства России.

Средневзвешенные значения наработки для валковых подшипников определяются по формуле (1):

$$\int_{p1}^{p2} f(x) \cdot x dx, \quad (1)$$

где:

$p1$ и $p2$ пределы интегрирования: $p1=0$ - минимально возможная наработка валкового подшипника, и $p2= 2\ 500$ - поскольку наработка 2 500 тыс. т/подшипник не достигнута валко $f(x)$ – функция плотности распределения:

$$f(x) = \left[\frac{1}{b} \cdot e^{\frac{(x-a)}{b}} \cdot e^{-e^{\frac{(x-a)}{b}}} \right] \quad - \text{функция экстремального распределения};$$

$$f(x) = \left(\frac{1}{b} \right) \cdot e^{\frac{(x-a)}{b}} \cdot \left[1 + e^{\frac{(x-a)}{b}} \right]^{-2} \quad - \text{функция логистического распределения}.$$

Рассчитанные средневзвешенные значения наработки для валковых подшипников 77779 производства Германии, Румынии и России представлены в табл. 1:

Таблица 1

Средневзвешенные значения наработки для валковых подшипников

№	Страна производства валковых подшипников 77779	Средневзвешенные значения наработки, тыс. т проката/ валок
1.	Германия	$\int_0^{2500} f(x) \cdot x dx = 2050$
2.	Румыния	$\int_0^{2500} f(x) \cdot x dx = 2044$
3.	Россия	$\int_0^{2500} f(x) \cdot x dx = 2007$

Определим экономической эффективность применения валковых подшипников с учетом их наработки. Для оценки сравнительной экономической эффективности использования валковых подшипников 77779 рассчитаем ориентировочную долю издержек на производство 1 000 т проката, которые приходятся на закупку валковых подшипников 77779 (удельная стоимость 1 000 т проката, приходящегося на стоимость валкового подшипника), как отношение стоимости одного валкового подшипника (столбец 3, таблица 2) к значению средневзвешенной наработки (столбец 2, табл. 2).

Таблица 2

Сравнительная экономическая эффективность использования валковых подшипников 77779

№	Страна производства	Средневзвешенное значение наработки, тыс. т проката/подшипник	Цена за 1 подшипник 77779, (DDP г. Запорожье, ЕВРО, без НДС)	Ориентировочная доля издержек на производство 1 000 т проката для валковых подшипников 77779
	1	2	3	4
1.	Германия	2 050	8 295,00	4,046 ЕВРО
2.	Румыния	2 044	8 311,02	4,066 ЕВРО
3.	Россия	2 007	4 819,57	2,400 ЕВРО

Выводы: В сложившихся экономических условиях целесообразно использовать валковые подшипники российского производства, которые имеют наименьшую эксплуатационную стойкость среди рассмотренных, но при этом, обладая более низкой стоимостью, позволяют достигнуть наименьших издержек на производство проката.

Список использованных источников:

1. Н.Р. Barringer. The Evolution of Reliability. International Maintenance Conférence, December 7-10, 2003 Sheraton Sand Key Resort, Clearwater Beach, Florida [Электронный ресурс] Режим доступа / <http://www.barringer1.com/pdf/TheEvolutionOfReliability.pdf>

2. Методические материалы по обучению обслуживающего персонала правилам монтажа, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта крупногабаритных подшипников на предприятиях металлургической отрасли. // ОАО «Самарский подшипниковый завод». [Электронный ресурс] Режим доступа / <http://www.spzgroup.ru/services/metodic.pdf>

3. Надёжные решения для металлургической промышленности. // TIMKEN. [Электронный ресурс] Режим доступа / <http://www.timken.com/ru-ru/products/documents/10240ru.pdf>

4. Подшипники прокатных валков. //Руководство NSK. [Электронный ресурс] Режим доступа / <http://www.zetmaster.ru/Bearings/Catalogs/NSK PDF/cat 9001a roll neck bear manual.pdf>

5. Н. Святославская. Российский подшипник требует инвестиций. //Металлы и цены. Ценовой каталог металлопродукции и оборудования. - [Электронный ресурс] Режим доступа / http://metal4u.ru/articles/by_id/233

6. М.В. Фомин. Расчёты опор с подшипниками качения. Справочно-методическое пособие. Издательство МГТУ имени Н.Э. Баумана. [Электронный ресурс] Режим доступа / <http://upload.sm-7.net>

7. Rolling bearings. [Электронный ресурс] Режим доступа / <http://www.mitcalc.com/doc/bearings/help/en/bearinginch.htm>

8. Обобщенные причины отказов подшипников качения. Сайт «Подшипники». [Электронный ресурс] Режим доступа / <http://podshipneek.ru/stati-pro-podshipniki/obobshhennye-prichiny-otkazov-podshipnikov-kacheniya.html#more-133>

° R. Hosaka, N.Yasuda. Technical Trends of Bearings for Steelmaking Equipment. JTEKT Technical Report. JTEKT Engineering Journal English Edition No. 1004E (2008) [Электронный ресурс] Режим доступа / http://eb-cat.ds-navi.co.jp/enu/itekt/tech/ei/irrig/no1004E/1004e_08.pdf

10. Подшипники для металлургической промышленности. [Электронный ресурс] Режим доступа / <http://www.tdroskomplekt.ru/user/files/file2705.pdf>

11. Руководство по подшипникам. [Электронный ресурс] Режим доступа / http://www.podshipnik.ru/docs/timken_general_1_opt.pdf

12. Выбор размера подшипника. [Электронный ресурс] Режим доступа / <http://www.promshop.info/cataloguespdf/viborrazmera.pdf>

13. Подшипники FAG в прокатном оборудовании. [Электронный ресурс] Режим доступа / <http://www.tdroskomplekt.ru/user/files/file2627.pdf>

14. Пособие по выбору подшипников компании TIMKEN. [Электронный ресурс] Режим доступа / <http://www.vipzapchasti.com/catalog/timken.pdf>

15. Капп Т. О. Совершенствование маркетинговой деятельности по сбыту подшипниковой продукции в условиях нестабильной экономики (на примере подшипниковых предприятий Самарской области). Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук. Специальность: 08.00.05 - «Экономика и управление народным хозяйством (маркетинг)». Всероссийский заочный финансово-экономический институт, Москва. - 2011. [Электронный ресурс] Режим доступа / http://www.vzfei.ru/zip-docs/dis/af_kapp_180411.doc

16. А.Ильченко. Подшипник — это многофункциональное устройство, а не просто кусок металла. // MyMetal.ru - весь металлургический рынок России. [Электронный ресурс] Режим доступа / <http://www.mymetal.ru/7news/industry/details/30211>

17. Быткин С.В., Бобраков А.В., Литвин В.М. Разработка методики расчёта скидок с цены технологической оснастки прокатного производства с использованием статистического прогнозирования их производственного ресурса. Раздел 2.1.3 (стр.240–245) в книге «Механізми управління розвитком соціально-систем: монографія / за заг. ред. О.В. Мартякової.- Донецьк: ДВНЗ «ДонНТУ», 2010. - 688с.

18. Литвин В.М. Статистичне порівняння економічної доцільності використання прокатних валків українського і закордонного виробництва (на прикладі металургійного комбінату ВАТ «Запоріжсталь») /В.М. Литвин, С.В. Биткін, О.В. Бобраков // Проблеми підвищення ефективності функціонування підприємств різних форм власності»: сб. науч. тр. - Вып. 3, т.2/ НАН Украины, Ин-т економіки пром-сти, редкол. И.П.Булеев (отв.ред.) и др. - Донецк, 2010. - С. 323-332

Ключевые слова: цена, эксплуатационная стойкость, экономическая эффективность, крупногабаритные валковые подшипники.

Ключеві слова: ціна, експлуатаційна стійкість, економічна ефективність, крупногабаритні валкові підшипники.

Key words: price, service durability, cost effectiveness, large-sized roll bearings.